Aus dem Arbeitsphysiologischen Institut
der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Breslau
Direktor: Prof. Dr. Adolf Basler

Ueber den Einfluss systematischen Trainings auf die Physiologie des Haltens.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung des Doktorgrades in der Medizin
bei der Hohen Medizinischen Fakultät der
Schlesischen Friedrich-Wilhelms-Universität
zu Breslau

Vorgelegt von

Hans Bernhardt
aus Deutsch St. Nicolaus (Rumänien).

Breslau 1940.

Buchdruckerei und Verlag Eugen Jakubik, Breslau 10 Wörtherstrasse Nr. 6

Gedruckt mit Genehmigung
der medizinischen Fakultät der Universität Breslau.

I. Referent: Prof. Dr. Basler

II. Referent: Prof. Dr. Schriever

Dekan: Prof. Dr. Gottron.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Meinen lieben Eltern in Dankbarkeit!

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41545807_0143

Um einen fremden Körper oder eigenen Körperteil durch Muskelkraft in einer vorgeschriebenen Lage ruhig zu halten, ist ein gewisser Energieaufwand E nötig, den man als statische Arbeit bezeichnet. Seine Größe hängt von der Größe P des zu haltenden Gewichtes und der Haltezeit t ab und ist dem Produkt dieser beiden Größen proportional: $E = P. t. k.$, wobei k eine Konstante [1]) bedeutet. Daß diese statische Arbeit zu allen beruflichen Tätigkeiten erforderlich ist, sei an dieser Stelle besonders hervorgehoben. Der Schmied kann seinen Hammer nur schwingen, wenn der Körper die entsprechende Haltung hat. Auch der Maurer muß beim Setzen der Ziegelsteine bestimmte Muskelgruppen in dauernder Spannung halten. Das Gleiche gilt für die Arbeit des Schusters, Schneiders, Bauern und viele andere Tätigkeiten. Auch bei allen vorwiegend geistig arbeitenden Berufen muß, beispielsweise beim Halten eines Meßgerätes, Reagenzglases, Buches usw. eine gewisse statische Arbeitsleistung verzeichnet werden.

Und erst recht außerhalb des beruflichen Lebens ist die statische Haltearbeit bei allen Verrichtungen des täglichen Lebens von nicht zu unterschätzender Bedeutung. So bedeutet schon das Halten der Gliedmaßen und des Kopfes beim Sitzen und noch mehr beim Stehen eine statische Haltearbeit. Auch in jeder mit Bewegung ausgeführten Tätigkeit ist eine statische Komponente enthalten. [2])

Problemstellung.

Bei Gelegenheit von Untersuchungen über die Wirkung des Arbeitsdienstes auf den menschlichen Körper [3]) hatte es sich gezeigt, daß die maximale Größe der statischen Haltearbeit durch den Dienst nicht in dem Maße beeinflußt wird, wie das von vornherein erwartet wurde. Nach zehn Wochen dauernder Tätigkeit war die maximale Haltearbeit nur um wenige Prozente, ja bei manchen Personen gar nicht verlängert worden.

Dieses negative Ergebnis legte die Frage nahe, bis zu welchem Grade das statische Halten durch systematisches Training gesteigert werden kann. Sie zu beantworten ist der Zweck der vorliegenden

[1]) E. A. Müller, Arb. Physiol. Bd. 5, S. 605, 1932.
[2]) E. Simonson und G. Sirkina. Arb. Physiol. Bd. 6, S. 528, 1933.
[3]) Arbeitsfeldarzt Wagner. Noch nicht veröffentlichte Untersuchungen.

Untersuchung, die ich auf Veranlassung von Herrn Professor Basler ausgeführt habe. [1]) Die Beurteilung erfolgte nach der Größe der maximalen Haltearbeit, nach der Veränderung der Atmung, der Pulsfrequenz und verschiedener anderer Funktionen.

Die maximale Haltearbeit und ihre Beeinflussung durch Training.

Zunächst seien die Versuche beschrieben, die sich auf die Vergrößerung der maximalen Haltezeit bei gleicher Belastung beziehen. Dabei mußte untersucht werden, wie lange ein Gewicht von bekannter Größe gehalten werden kann.

Methodik.

Damit bei den von mir ausgeführten Versuchen die Bewegungen des Armes während des Haltens auch als Kurve verzeichnet werden konnten, bediente ich mich eines im hiesigen Institut zusammengestellten einfachen Statometers. Vergl. Abb. 1.

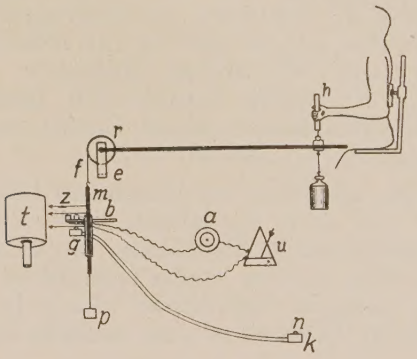

Abb. 1

Schematische Darstellung der Versuchsanordnung für das Halten.

Eine senkrechte, 2 cm dicke Eisenstange, von der nur das obere Ende e dargestellt ist, trägt das Achsenlager für die etwa 1 m lange Schiene s von 1,5 cm Höhe und 3 mm Dicke. Da sie an dem einen Ende zwischen zwei Stahlspitzen läuft, konnte das freie Ende fast widerstandslos nach oben und unten bewegt werden. 90 cm von der Achse entfernt ist durch Vermittlung eines Bindfadens der Handgriff h befestigt. Diese 90 cm lange Strecke der Schiene stellt den langen Arm eines zweiarmigen Hebels dar; der kurze Hebelarm dient der Registrierung. Da bei seiner Länge von nur 5 cm die Krümmung des von ihm beschriebenen Kreisbogens recht stark, und die Aufzeichnung entstellt worden wäre, wurde der kurze Arm durch die Holzscheibe r mit 5 cm Radius ersetzt. Die Verkleinerung durch den Hebel beträgt somit 90 : 5 = 18. Zur Registrierung dient ein in dem Glasrohr g laufender 31,5 cm langer Metallstab, der mit Hilfe des Fadens f an der Rolle r befestigt und mit dem Gewicht p belastet ist.

[1]) Ausgeführt mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft Berlin.

An der oberen Hälfte des Metallstabes ist ein mit Schreibspitze versehener Zeiger z so angebracht, daß er die Bewegungen des Stabes während des Versuches auf der danebenstehenden berußten Trommel t aufzeichnen kann. Der Handgriff h besteht aus einem zylinderischen 37 cm langen und 1,7 cm dicken Holzstab; unmittelbar darunter hängt das zu haltende Gewicht.

Die Versuchsperson sitzt auf einem Stuhl und hält bei rechtwinklig gebeugtem Unterarm den Stab senkrecht in der Hand. Damit der belastete Arm der Versuchsperson während des Versuches nicht nach rückwärts oder seitwärts ausweichen oder an den Körper angepreßt werden kann, wurde er von rückwärts durch einen Halter[1]) in einer geringen Winkelstellung zum Körper an der Stuhllehne fixiert.

Das elektrische Signal b, dessen Stromkreis außer dem Akkumulator a mit dem Metronomunterbrecher u verbunden ist, dient der Zeitschreibung. Das Metronom ist so eingerichtet, daß während des Ganges nach jedem vierten Pendelschlag ein nur ganz kurzer Stromschluß zustande kommt, der sich als Zacke in der Zeitkurve auf der berußten Trommel bemerkbar macht. Die Zeitmarken folgten in einem Intervall von genau 3 Sekunden.

Zum Belasten des Armes bei Halteübungen wählte ich ein Gewicht von 5,5 kg. Dieses entsprach der Hälfte des maximalen Haltegewichtes (11 kg) des linken Armes.

Da mit zunehmender Belastung die Haltezeit schneller abnimmt, als das Belastungsgewicht vergrößert wird, [2]) ist zum Erreichen maximaler statischer Haltearbeit, der optimale Belastungswert eines statisch arbeitenden Muskels oder einer Muskelgruppe ziemlich klein. Nach Müller [3]) ist die Leistung am besten bei Belastungen unter 1/5 der maximalen Haltekraft..

Wenn ich aber zu meinen Versuchen ein Gewicht genommen hätte, das 1/5 des maximalen Haltegewichts (2,2 kg) betrug, wäre der einzelne Versuch viel zu zeitraubend geworden und die Möglichkeit mehrere Versuche täglich zu machen, genommen gewesen. Ich legte ja auch nur Wert darauf, ob und wie die maximale Haltezeit durch Übung im Halten eines Gewichts beeinflußt wird. Dazu konnte ich ohne Bedenken auch ein Gewicht von 5,5 kg nehmen.

Versuchsperson und Ausführung der Versuche.

Als hauptsächliche Versuchsperson diente ein 33,85 kg schwerer, 143,5 cm großer 13jähriger Knabe von mittlerem Ernährungs- und Kräftezustand. Der Grund, weshalb ich zu meinen Versuchen in erster Reihe einen Knaben und nicht einen Mann heranzog war der, weil bei einem jugendlichen Individuum ein größerer Einfluß des Trainings zu erwarten war. Da es nicht in meinem Versuchsplan lag, den Einfluß der Halteübungen bei Menschen verschiedener Altersklassen festzustellen, begnügte ich mich mit den erzielten Versuchsergebnissen bei der einen Versuchsperson, die jedoch bei einigen Erwachsenen, wie weiter unten gezeigt werden soll, ganz ähnlich waren.

Der linke Oberarm hatte — bei rechtwinklig gebeugtem Unterarm — 10 cm proximal der Ellenbeuge über den Bauch des Biceps einen Umfang von 21 cm. Die Länge des linken Unterarmes, gemessen vom Proc. coronoid. ulnae bis zum Proc. styloid. betrug 21,5 cm.

[1]) Ähnlich wie E. A. Müller. Arb. Physiol. Bd. 5, S. 605, 1932.
[2]) K. Wachholder. Handb. d. normal. u. patwol. Physiol.. Bd. 15, S. 59.
[3]) E. A. Müller. l. c.

Der Gang des Versuches ist nun folgender: Die Versuchsperson sitzt wie schon erwähnt auf ihrem Stuhl und hält den Stab an den das Gewicht angehängt wird, bei rechtwinkliger Beugung des Unterarmes in der Hand fest. Nachdem die Trommel und die Zeitschreibevorrichtung in Gang gesetzt sind, wird das zu haltende Gewicht angehängt und zur Feststellung der maximalen Haltezeit bis zum kraftlosen Herabsinken des Unterarmes von der Versuchsperson gehalen.

Verlauf des Versuches.

Nach einer gewissen Haltezeit, vielfach bald nach Einsetzen der Belastung begann der Unterarm infolge des Gewichtszuges und die durch ihn bedingte Ermüdung sich allmählich zu senken. Es entsteht also eine Winkelvergrößerung zwischen Ober- und Unterarm, die sich in einem leichten Steigen der auf Seite 2 erwähnten Kurve zeigt. Die im Verlaufe des Haltens vom Unterarm ausgeführten Auf- oder Abwärtsbewegungen, sowie das zu einer gewissen Zeit eintretende Zittern werden auf der Haltekurve entweder als grobe oder als feinschlägige Zacken festgehalten. Beim Herabsinken des Armes nach völliger Erschöpfung steigt der Schreibhebel und damit die Haltekurve steil aufwärts. Ein schönes Bild des Verlaufes gibt Abb. 2. Die Zeitmarken bedeuten

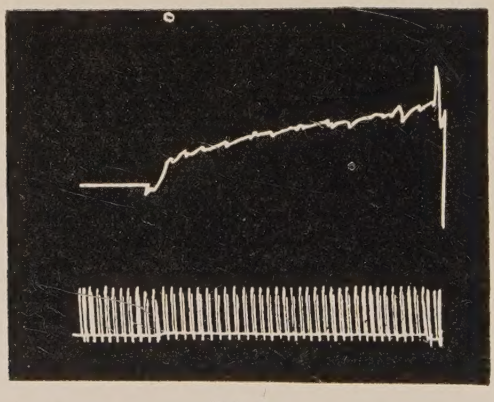

Abb. 2
Kurve des Haltens eines 5,5 kg schweren Gewichtes. Zeitm. = 3 Sek. Grobe und feine Ausschläge.

3 Sekunden. Für alle Kurven ist zu bemerken, daß ein nach aufwärts gerichteter Strich einer Abwärtsbewegung des Armes entspricht und umgekehrt, weil ja mit einem zweiarmigen Hebel geschrieben wurde.

Die maximale Haltezeit, gemessen vom Einsetzen der Belastung bis zum kraftlosen Herabsinken des Armes, wurde in den Versuchen,

für die keine Kurve verzeichnet wurde, mit der Stoppuhr bestimmt. Um die Haltearbeit, bzw. den derselben proporionalen Wert zu gewinnen, muß man die maximale Haltezeit mit dem Haltegewicht (5,5 kg) multiplizieren.

Der Verlauf der einzelnen Haltekurven ist voneinander ziemlich verschieden. Bei einigen Versuchen gibt, gleich nach Einsetzen der Belastung der Arm dem Zug des Gewichtes etwas nach, um im nächsten Moment über seine Ausgangsstellung wieder zurückzugehen, was sich am Anfang der Kurve an einer kleinen nach oben gerichteten Zacke mit einer anschließenden „Abwärtszacke" erkennen läßt.

In manchen Fällen fehlt die „Aufwärtszacke", weil der Arm nach Einsetzen der Belastung ohne erst etwas nachzugeben sich sofort anhebt. Von da ab steigen die Haltekurven mit relativ kurzer maximaler Haltezeit allmählich an, bis das plötzliche steile Ansteigen das Herabsinken des Armes anzeigt. In zwei meiner Kurven dagegen lag der stärkere Anstieg, in der ersten Hälfte des Haltens, wobei dann in der zweiten Hälfte der vom Schreibhebel gezeichnete Strich bis zum Schluß fast waagerecht weiter läuft.

Bisher wurde nur das verhältnismäßig schnell beendigte Halten mit 5,5 kg Belastung beschrieben. Nach eingetretener Übung, wobei trotz gleicher Belastung viel länger gehalten wird, sinkt der Arm ebenfalls allmählich, doch treten immer wieder ruckartige Erhebungen auf, die sich in der Kurve als nach abwärts gerichtete Zacken auswirken. Nach jeder Unterbrechung läuft die Kurve dann vom untersten Punkt der Zacke wieder schwach ansteigend bis zur nächsten weiter; nach einer oder mehreren Wiederholungen ist der letzte Anstieg und damit das Ende erreicht.

Das Zittern des Armes beginnt in Halteversuchen mit relativ kurzer Haltezeit schon gleich nach Einsetzen der Belastung in kleinschlägiger Form und wird im Verlaufe des Haltens bis zum Herabsinken des Armes immer intensiver. Bei den lange dauernden Halteversuchen tritt es nur am Anfang o d e r am Ende des Haltens, mitunter auch am Anfang u n d Ende in kleinschlägiger sichtbarer Form auf. In der Zwischenzeit ist das Zittern nur andeutungsweise zu beobachten.

Um den Muskel sich nach jeder Halteübung erholen zu lassen und somit die Einflüsse der Ermüdung auf den folgenden Versuch auszuschalten, legte ich zwischen den Versuchen eine Pause ein, in der ich die Versuchsperson veranlaßte, den Arm irgendwo locker aufzulegen oder locker hängen zu lassen.

Anfangs glaubte ich mit einer Erholungszeit von 5 Minuten auszukommen. Da sich aber eine Pause von 5 Minuten als zu kurz erwies, was sich in einer starken Verminderung der Haltezeit beim

folgenden Versuch zeigte, verlängerte ich schon nach dem zweiten Tag die Pause auf 10 Minuten.

Aber selbst damit schien der Muskel noch nicht völlig erholt zu sein, denn die Versuchsperson klagte noch über eine gewisse Schwere im Arm. Deshalb ließ ich vom sechsten Versuchstage ab die Erholungspause zwischen den einzelnen Halteübungen auf 15 bis 20 Minuten verlängern und kam weiterhin damit immer gut aus [1]).

Verlängerung der Haltezeit durch Übung.

Die Versuche wurden an den Wochentagen von Montag bis Freitag vorgenommen, somit kamen für die Woche nur fünf Übungstage in Betracht. Wie die maximale Haltezeit einer bestimmten Versuchsperson im Laufe der Versuchsreihe zunahm, geht aus der Tabelle 1 ohne weiteres hervor.

Tabelle 1

Datum	Haltezeit beim 1. Vers.	2. Vers.	3. Vers.	4. Vers.
26. 10. 39	120 Sek.	45 Sek.	65 Sek.	—
27. 10. 39	65,5 „	75 „	80 „	75 Sek.
30. 10. 39	65 „	64 „	—	—
31. 10. 39	127 „	123 „	136 „	—
1. 11. 39	171 „	111 „	105 „	99 „
2. 11. 39	126 „	120 „	132 „	—
3. 11. 39	120 „	126 „	150 „	—
6. 11. 39	171 „	168 „	—	—
7. 11. 39	145 „	147 „	141 „	135 „
9. 11. 39	144 „	137 „	131 „	127 „
10. 11. 39	142 „	96 „	132 „	130 „
13. 11. 39	148 „	—	—	—
14. 11. 39	165 „	180 „	176 „	—
15. 11. 39	186 „	188 „	183 „	181 „
16. 11. 39	285 „	265 „	254 „	—
17. 11. 39	242 „	259 „	272 „	265 „
20. 11. 39	253 „	302 „	—	—
21. 11. 39	289 „	245 „	281 „	240 „
22. 11. 39	236 „	274 „	256 „	218 „
23. 11. 39	274 „	301 „	298 „	270 „
24. 11. 39	240 „	302 „	323 „	279 „
27. 11. 39	312 „	269 „	—	—

Aus Tabelle 1 ist zunächst zu ersehen, daß die an einem Tage ausgeführten Halteversuche nicht gleich lang ausfielen. Es kam mitunter vor, daß die Haltezeiten fortlaufend abnehmen, z. B. am 1. 11 39 oder am 9. 11. 39. An 12 Versuchstagen waren die Halte-

[1]) Vergl. dazu E. A. Müller. Arb. Physiol. Bd. 8, S. 72, 1935.

zeiten des dritten oder vierten Versuches kürzer, als die des ersten oder zweiten Versuches. Die Erklärung für diese Erscheinung liegt einfach darin, daß die zwischengeschaltete Pause nicht zur Erholung ausreichte. Darüber liegen eingehende Untersuchungen von Müller [1]) vor.

Aber weit häufiger kam es vor, daß die Haltezeit dauernd größer wurde, wie am 3. 11. 39 oder wenigstens beim zweiten Versuch größer war als beim ersten (14. 11. 39) oder das dritte Mal größer als beim zweiten Halteversuch wie am 26. 10. 39. Bei diesen Ergebnissen spricht wohl zum Teil eine am gleichen Versuchstag erworbene Routine mit, zum Teil auch ein gewisser psychischer Ansporn. Derartige Verbesserungen der Leistung an einem Versuchstage können wir auf allen Gebieten der Physiologie beobachten, z. B. bei Versuchen mit dem Handdynamometer, aber auch bei Sinnesphysiologischen Untersuchungen.

Ich habe immer den ersten der an einem Tag ausgeführten Halteversuche zum Vergleich herangezogen, weil dieser durch keine andere Übung beeinflußt ist. Wenn man so verfährt, muß festgestellt werden, daß durch die 66 Halteübungen die maximale Haltezeit von 120 Sekunden mit einer Haltearbeit von k · 660 kg sec.[2]) als Leistung des ersten Tages auf 323 Sekunden verlängert wurde, was einer Energie von k · 1776,5 kg sec. entspricht. Das bedeutet eine Steigerung auf mehr als das 2½-fache des Anfangswertes. Zieht man die zweite oder dritte Übung eines jeden Tages zum Vergleich heran, dann ist die Leistungszunahme sogar wesentlich größer. Dabei muß allerdings berücksichtigt werden, daß die Haltezeiten im Laufe der Zeit zwischendurch immer wieder einmal kleiner waren.

Um die Zunahme der Haltezeit und Haltearbeit noch deutlicher zu veranschaulichen, seien die höchsten und niedrigsten Werte der ersten und der fünften Übungswoche einander gegenübergestellt.

Tabelle 2

	Erste Übungswoche Haltezeit	Haltearbeit
größter Wert	171 Sek.	940,5 kg sec.
kleinster Wert	45 Sek.	247,5 kg sec.
	Fünfte Übungswoche Haltezeit	**Haltearbeit**
größter Wert	323 Sek.	1776,5 kg sec.
kleinster Wert	240 Sek.	1320 kg sec.

[1]) E. A. Müller. Arb. Physiol. Bd. 8, S. 435, 1935.

[2]) Der Faktor k besagt, daß der Energieverbrauch nicht gleich dem errechneten Wert 660 kg Sek., sondern ihm nur proportional ist. Der Einfachheit halber wurde aber später das k weggelassen. Es ist also stillschweigend zu ergänzen.

Erwachsene Versuchspersonen.

Um zu sehen, wie sich der Einfluß des Trainings im Halten auf die Haltezeit und damit auch auf die Haltearbeit bei erwachsenen Personen auswirkt, ließ ich die Halteübungen außer von dem 13jährigen Jungen noch von einer 30jährigen Frau und einem 26jährigen Mann 8 Tage lang ausführen.

Die Versuche wurden am linken Arm, in derselben Weise wie bei dem Jungen durchgeführt. Als Belastung wählte ich abermals ein Gewicht, – bei der Frau 7 kg, bei dem Mann 14 kg – das die Hälfte der maximalen Haltekraft der linken Unterarmbeuger betrug.

Die unterstehende Tabelle 3 mag die größten und kleinsten Werte der Haltezeit und der Haltearbeit eines Tages vor und nach dem Training für die zwei zuletzt genannten Versuchspersonen zeigen.

Tabelle 3

Versuchsperson		Vor dem Training größter Wert	Vor dem Training kleinster Wert	Nach dem Training größter Wert	Nach dem Training kleinster Wert
Mann	Haltezeit	117 Sek.	84 Sek.	216 Sek.	200 Sek.
Mann	Haltearbeit	819 kg sec.	588 kg sec.	1512 kg sec.	1400 kg sec.
Frau	Haltezeit	88 Sek.	58 Sek.	141 Sek.	117 Sek.
Frau	Haltearbeit	1232 kg sec.	812 kg sec.	1974 kg sec.	1638 kg sec.

Wie daraus zu ersehen ist, konnte ähnlich wie bei dem Jungen durch 8tägiges systematisches Training im Halten die Haltezeit und die Haltearbeit beträchtlich gesteigert werden.

Bei allen meinen Versuchen konnte nebenbei beobachtet werden, daß bei unterlegten Füßen die Haltezeit und damit die Haltearbeit etwas größer war, als wenn während des Versuches die Füße in der Luft baumelten. Die Versuchspersonen gaben auch immer an, daß das Halten weniger anstrenge, wenn die Füße sich aufstützen konnten.

Einfluß des Haltens mit den Fingern.

Beim Halten des Gewichtes mit dem Holzstab traten am Ende der Versuche Schmerzen in den Fingern auf. Das ist ganz begreiflich, denn dabei muß jeder einzelne Finger eine gewisse Haltearbeit leisten [1]), die um so beträchtlicher ist, je kleiner der Haftungswiderstand der Hand ist.

Den durch diese Nebenumstände bedingten Einfluß auf die Haltezeit suchte ich durch besondere Versuche zu prüfen. Ich ließ an jedem einzelnen Versuchstage ein oder zwei Halteübungen mit dem Stab h (Abb. 1) ausführen, während bei den restlichen zwei Übungen die Belastung am Arm angebracht war. Ein gut gepolsterter Eisenring wurde der Versuchsperson um das Handgelenk des in Supination gehaltenen linken Unterarmes gelegt. Die Sitzlage der Versuchsperson und die Verbindung des Ringes mit dem Halteapparat und dem Gewicht war genau dieselbe geblieben wie beim Holzstab. Einzig und allein hat sich dabei der belastete

[1]) E. A. Müller. Der beste Handgriff. Arb. physiol., Bd. 8, S. 28, 1935.

Hebelarm (Unterarm vom Ellenbogengelenk bis zum Angriffspunkt der Last) um etwa 0,5 cm verkürzt. Er betrug nämlich vom Mittelpunkt des Ellenbogengelenkes bis zu dem unteren Ende des in der geballten Faust gehaltenen Stabes 21, 5 cm bis zu der Stelle des Unterarmes, wo der Ring lag 21 cm. Dieser auffallend kleine Unterschied rührt daher, daß der Stab nie senkrecht in der Faust gehalten wurde, sondern immer schräg, wobei das untere Ende proximal gerichtet war. Entsprechend dem Verhältnis der Hebelarme wurde das an dem Ring hängende Gewicht um 130 gr erhöht.

Dabei ergab sich, daß die Haltezeit bei der Belastung am Ring immer größer war, als bei der Belastung am Stab. Groß sind die Differenzen allerdings nicht; sie liegen zwischen 2 und 62 Sekunden mit einem arithmethischen Mittel von rund 30 Sekunden.

Bei dieser Gelegenheit ließ sich eine interessante Beziehung feststellen: die Unterschiede wurden mit zunehmenden Haltezeiten bzw. zunehmender Übung größer. Danach scheint der Schluß berechtigt, daß die Flexoren der Finger durch systematisches Training weniger beeinflußt werden, als die Beuger des Unterarmes, wovon besonders der Biceps zu nennen ist.

Statisches Halten und Atmung.

Daß die Atemfrequenz während des Haltens eines größeren Gewichtes ein wenig zunimmt [1]), ist bekannt. Im Anschluß daran schien es nicht unwichtig zu entscheiden, ob die — allerdings geringe — Zunahme der Atemfrequenz sich durch das beschriebene Training ändert.

Der Gang der experimentellen Untersuchung war klar vorgezeichnet. Es mußte zunächst bei einer ungeübten Versuchsperson die Atemfrequenz während des Haltens festgestellt werden und dann wieder nach erfolgten Übungen.

Zur Aufzeichnung der Atemfrequenz während des Haltens hat sich die graphische Registrierung mit Hilfe der Marey'schen Luftübertragung als besonders empfehlenswert erwiesen.

Die Gummimembran der Aufnahmekapsel k (vergl. Abb. 1, S. 2) war mit einer Pelotte n versehen, auf die ich jedesmal dann einen Druck ausübte, wenn die Versuchsperson inspirierte; gleichzeitig verzeichnete die an die berußte Trommel t angelegte Marey'sche Schreibvorrichtung einen senkrechten Strich unter der durch die Armbewegung bedingten Kurve. Nach Fixierung des berußten Trommelüberzuges wurde nachträglich die Atemfrequenz durch Abzählen bestimmt.

Von der Anwendung eines selbstregistrierenden Apparates [2]) für die Aufzeichnung der Atembewegung wurde Abstand genommen, weil durch ihn die Aufmerksamkeit der Versuchsperson zu sehr auf die Atmung gelenkt wird, während ich bei meiner Methode die Atembewegungen ohne Wissen der Versuchsperson beobachten und registrieren konnte. Diese Versuche wurden, abgesehen von dem 13-jährigen Jungen, den ich für alle meine

[1]) K. Kektschew und L. Braitzewa. Arb. Physiol. Bd. 2, S. 526, 1930.
[2]) Etwa der Basler'schen Signalisierung (A. Basler Med. Klinik, 1936, S. 653) u. J. John Atmung und Kniebeugen. Diss. Breslau 1936, S. 3.

Versuchsreihen benützte, noch an den beiden schon erwähnten erwachsenen Personen (s. oben S. 8) ausgeführt. Als Haltegewicht nahm ich (wie oben) bei jeder einzelnen Versuchsperson die Hälfte der maximalen Haltekraft der linken Unterarmbeuger. So wurde der linke Unterarm des Jungen, mit einem Gewicht von 5,5 kg, der der Frau mit 7 kg und der des Mannes mit 14 kg belastet.

Dabei zeigte es sich, daß die Atemfrequenz durch das Halten, wie ich es ja erwartet hatte, meist nur in geringem Maße beeinflußt wurde, am wenigsten bei dem Jungen. Bei der weiblichen Versuchsperson war die Frequenzzunahme zwar größer, aber dafür zeigten sich sonstige Unregelmäßigkeiten.

Zur Feststellung, ob nun durch Gewöhnung an statische Halte-arbeit die Atmung beeinflußt wurde, verglich ich an jeder Versuchsperson die Atemfrequenz während des Haltens, vor Beginn des Trainings mit derjenigen nach Abschluß desselben nach gleich langer Haltezeit und damit auch gleich großer statischer Haltearbeit. Und zwar verglich ich die Atemfrequenz jeder Versuchsperson vor dem Training mit der nach dem Training, nach einer Minute Haltezeit.

Durch die achttägigen Halteübungen war keine eindeutige Veränderung der Atmung im Sinne einer Zunahme oder Abnahme der Atemfrequenz bei gleich langer Haltezeit und somit auch gleich großer Haltearbeit eingetreten.

Die Pulsfrequenz.

In weit stärkerem Maße wurde der Blutkreislauf beeinflußt und zwar sowohl in jedem einzelnen Halteversuch, wie auch durch Gewöhnung an das Halten.

Soll der Einfluß des Trainings auf das Verhalten des Pulses beurteilt werden, dann ist es in erster Linie notwendig, den Anstieg der Pulsfrequenz im Verlaufe des Haltens für jede Versuchsperson zu kennen. Dazu war aber noch viel mehr als bei der Atmung eine fortlaufende Registrierung erforderlich. Diese mit einem Spygmographen vorzunehmen, erwies sich als unmöglich, weil während des Haltens zahlreiche Muskeln auch des rechten Armes mit innerviert werden, wodurch die Pulskurve weitgehend entstellt und dadurch unbrauchbar würde. Ich kam deshalb auf die gleiche Apparatur zurück, die ich zum Zählen der Atemzüge benützt hatte. Der Versuchsleiter fühlte mit seiner rechten Hand den Puls der Versuchsperson und hielt in der linken Hand die Marey'sche Aufnahmekapsel k (Abb. 1). So war es möglich, bei jedem Pulsschlag auf die Pelotte zu drücken. Wegen der größeren Frequenz machte mir diese Art der Registrierung zuerst gewisse Schwierigkeiten. Sowie ich mich aber einmal eingearbeitet hatte, gelang mir die Nachahmung des Pulses mit dem Finger recht gut. Er wurde in Ruhe, während und nach dem Halteversuch am untätigen Arm verzeichnet.

Die nachstehende Tabelle 4 enthält die Ergebnisse für 3 Versuchspersonen.

Tabelle 4

Versuchspersonen.

Pulsfrequenz pro Minute	Knabe		Frau		Mann	
	untrain.	train.	untrain.	train.	untrain.	train.
	während des Haltens					
in Ruhe	80	76	80	64	96	84
nach einer Min. Haltens	116	116	100	92	136	116
am Schlusse des Haltens	124	132	112	132	140	136
	nach dem Halten					
½ Min. nach Schluß d. Halt.	96	92	76	76	96	92
1 Min. nach Schluß d. Halt.	84	76	72	72	80	88
2 Minuten nach Schluß	80	76	72	64	80	84

Zur Pulsfrequenz muß bemerkt werden, daß sie schon in der Ruhe bei derselben Versuchsperson verschieden große Werte besitzen kann. Das ist eine bekannte Tatsache, die auf phychische Einflüsse zurückzuführen sein dürfte. Auch Nikotin wirkt in dieser Richtung. So fiel auf, daß bei dem Manne der Puls immer dann schneller war, wenn vorher geraucht wurde. Der Verlauf der Pulsfrequenz aller Halteversuche besitzt während des Haltens bis auf die Schnelligkeit des Anstiegs und die Größenwerte gewisse Ähnlichkeit.

Sofort nach Einsetzen der Belastung stieg die Pulsfrequenz bis zu einer bestimmten Höhe, die allerdings in jedem Versuch verschieden war. Von da ab erfolgte eine gleichmäßige Zunahme der Frequenz, bis zum Ende des Versuches. Dabei waren häufig, namentlich in der zweiten Viertelminute kleine Rückschläge zu verzeichnen. Die Frequenzzunahme war im Anfang stets recht erheblich, dann wurde sie immer kleiner und gegen Ende des Haltens hatte die Herzschlag-Frequenz in vielen Fällen schon einen stationären Wert erreicht. Zu ganz ähnlichen Ergebnissen war früher schon Basler [1]) gelangt.

Die Erholung des Pulses trat sofort nach Unterbrechung der statischen Arbeit ein. Die Verlangsamung war in den ersten 30 Sekunden nach Beendigung des Haltens am größten; sie betrug in allen Versuchen 60 bis 70 %. Ihren Ruhewert erreichte die Pulsfrequenz schon 1 bis 2 Minuten nach Beendigung des Haltens. Bei zwei Versuchen sank sie sogar unter ihren ursprünglichen Ruhewert, und zwar einmal um 8 und einmal um 16 Schläge pro Minute. In beiden Fällen war der Puls vor dem Versuch durch gewisse Einflüsse (Aufregung, Nikotin) über den gewöhnlichen Wert hinaus gesteigert.

[1]) A. Basler. Med. Klinik 1936, S. 653 und
A. Basler. Beiträge zu den Kenntnissen von der statischen Haltearbeit. Arbph. Bd. 11, S. 129, 1940.

In der Tabelle 4 wurde zunächst die Pulsfrequenz vor dem Halten, also der Ruhewert verzeichnet. Dann kam in Betracht der Wert nach einer Minute und am Schluß des Haltens.

Bei dem Jungen konnte festgestellt werden, daß die Pulsfrequenz nach 8tägigen Halteübungen bei 165 Sek. Haltezeit um 4 Pulsschläge pro Minute kleiner war (120 gegen 124) als vor dem Training. Nach einer Minute Haltezeit wurden dagegen in beiden Zuständen 116 Pulsschläge pro Minute gezählt. Bei der 30jährigen Frau war durch das Training die Pulsfrequenz nach einer Min. Haltezeit und nach einer solchen von 1 Min. 45 Sek., beide Male um 8 Pulsschläge pro Minute kleiner geworden. Bei dem Manne ist die Pulsfrequenz nach Abschluß der Halteübungen gegenüber der vor Beginn derselben, nach 1 Min. Haltezeit um 20 Pulsschläge, nach einer solchen von 1 Min. 15 Sek. um 16 Pulsschläge pro Minute kleiner geworden.

Die Steigerung der Pulsfrequenz im Laufe eines Halteversuches verlief vor Beginn des Trainings bei allen Versuchspersonen schneller als im trainierten Zustand.

Eine Veränderung der Pulsfrequenz durch 8tägiges, in statischer Haltearbeit bestehendes Training dürfte demnach als erwiesen betrachtet werden können.

Am Ende des Haltens lag in den Versuchen nach vorausgegangenem Training die Pulsfrequenz höher als ohne solches. Dabei muß berücksichtigt werden, daß die maximale Haltearbeit nach dem Training viel größer ist, als vor demselben.

Bei zwei der Versuchpersonen, der Frau und dem Manne konne noch beobachtet werden, daß der Ruhewert in den Versuchen nach Abschluß der Halteübungen um etwa 1 Minute später eintrat, als in denjenigen vor Beginn der Halteübungen.

Bei dem Jungen war allerdings genau das Umgekehrte der Fall.

Der Blutdruck.

Wie es für die Beschleunigung von Atmung und Puls geschehen war, wurde auch die Beeinflussung des Blutdruckes vor und nach dem Training untersucht.

Dabei ging ich auf folgende Weise vor: An dem nicht tätigen Arm wurde der systolische Blutdruck vor dem Halteversuch, während desselben und 1, 2 und 3 Minuten nachher festgestellt. Zur Messung bediente ich mich des Recklinghausen'schen Blutdruckapparates. Die Armmanschette des Apparates lag während des ganzen am linken Arm ausgeführten Halteversuches um den rechten Arm, sodaß ich zu jeder Zeit eine Messung vornehmen konnte. Die Haltezeit betrug am ersten Tage der Versuchsreihe 1 Min. 4 Sek., am 12. Tag 2 Min. 21 Sek. Die bei den Messungen vor und während des Versuches erhaltenen Blutdruckwerte und deren Unterschiede sind aus untenstehenden Tabellen zu ersehen.

Sie beziehen sich auf die beiden erwachsenen Versuchspersonen, vor Beginn der Trainingsübungen und nach Abschluß derselben. Und zwar maß ich den systolischen Blutdruck in Ruhe, nach 1 Min. Haltezeit, am Ende derselben und 1, 2 und 3 Min. nach Aufhören des Haltens.

Die so erhaltenen Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle niedergelegt.

Tabelle 5

Blutdruck bei der 30jährigen Frau, Belastung 7 kg.

		Vor Beginn der Halteübungen	Nach Abschluß d. Halteübungen
Während des Haltens	in Ruhe	118 mm Hg.	120 mm Hg.
	nach 1 Min. Haltezeit	138 „ „	133 „ „
	am Ende des Haltens	145 „ „	150 „ „
Nach dem Halten	1 Min. nach dem Halten	120 „ „	125 „ „
	2 Min. nach dem Halten	118 „ „	123 „ „
	3 Min. nach dem Halten	118 „ „	120 „ „
		Maximale Haltezeit = 115 Sek. Stat. Haltearbeit = 805 kg sec.	Maximale Haltezeit = 200 Sek. Stat. Haltearbeit = 1400 kg sec.

Tabelle 6

Blutdruck des 26jährigen Mannes, Belastung 14 kg.

		Vor Beginn der Halteübungen	Nach Abschluß d. Halteübungen
Während des Haltens	in Ruhe	125 mm Hg.	125 mm Hg.
	nach 1 Min. Haltezeit	155 „ „	148 „ „
	am Ende des Haltens	160 „ „	163 „ „
Nach dem Halten	1 Min. nach dem Halten	130 „ „	130 „ „
	2 Min. nach dem Halten	125 „ „	125 „ „
	3 Min. nach dem Halten	125 „ „	125 „ „
		Maximale Haltezeit = 115 Sek. Stat. Haltearbeit = 1232 kg sec.	Maximale Haltezeit = 200 Sek. Stat. Haltearbeit = 1720 kg sec.

Aus den Tabellen geht hervor, daß nach einer Minute Haltens der Blutdruck vor dem Training etwas höher war als nach dem Training; in Tabelle 5 um 5 mm Hg.

Umgekehrt war das Ergebnis beim Vergleich der Blutdruckwerte am Schluß des Haltens. Diese betrugen 145, bzw. 160 mm Hg für den Ungeübten, 150 bzw. 163 nach dem Üben. Dieses zunächst unverständlich erscheinende Ergebnis wird erklärlich,, wenn man bedenkt, daß durch das Training die Haltezeit und damit die Haltearbeit vergrößert wird, bei der weiblichen Versuchsperson (Tabelle 5) von 805 auf 1400 kg. Sek., bei der männlichen (Tabelle 6) von 1232 auf 1720 kg. Sek.

Zusammenfassend läßt sich also sagen, daß durch Training der Blutdruck im Verhältnis zur statischen Haltearbeit niedriger wurde.

Wie aus den Tabellen 5 und 6 hervorgeht, liegt der Blutdruck eine Minute nach Aufhören des Haltens nur noch wenige Millimeter über dem Ruhewert und hat meist nach einer weiteren Minute seinen Ruhewert wieder erreicht. Nur bei der weiblichen Versuchsperson dauerte es im trainierten Zustand 3 Minuten, bis der Ruhewert wieder hergestellt war. In dieser Beziehung wäre also eine gewisse Ähnlichkeit mit der Erholungszeit des Pulses vorhanden.

Einfluß des Haltetrainings auf die Muskelkraft.

Bei der Feststellung des Einflusses der statischen Halteübung auf die Haltezeit warf sich gleichzeitig auch die Frage auf, ob durch im Halten bestehendes Training die Haltekraft der Muskulatur vergrößert wird.

Zur Beantwortung obiger Frage maß ich in gewissen Zeitabständen bei dem 13jährigen Jungen die Muskelkraft am Biceps des linken Armes in der Zeit in der die Halteübungen mit einem 5,5 kg Gewicht ausgeführt wurden.

Zur Messung der Muskelkraft ging ich folgendermaßen vor: Ich ließ die Versuchsperson bequem auf einen Stuhl sitzen, fixierte den linken Oberarm in der üblichen Weise. Der um das Handgelenk gelegte Ring r wurde mit einer Federwage verbunden, mit der bis 25 kg (vergl. Abb. 3, S. 14) gemessen werden konnte. Da ich damit die passive und aktive Muskelkraft feststellen wollte, mußte ich auf zwei Arten vorgehen.

Bei der Bestimung der „passiven Kraft“ mußte die Versuchsperson ihren im Ellenbogengelenk rechtwinklig gebeugten Unterarm so lange wie möglich steif halten und dem Zug nach unten nicht nachgeben, wenn ich am unteren Zughaken z der Wage ihren Arm herunter zog.

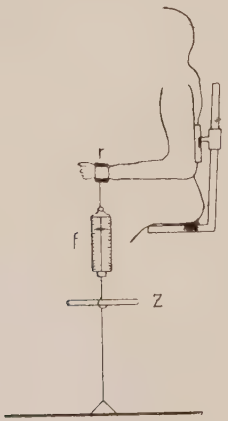

Abb. 3

Durch einen gleichmäßigen aber nicht zu langsamen Zug zwang ich schließlich den Unterarm zum Nachgeben. Die Kraft die ich dazu benötigte, konnte ich auf der Skala der Wage ablesen.

Zur Bestimmung der aktiven Kraft wurde der Zughaken der Wage am Fußboden befestigt, und die Versuchsperson mußte den Unterarm mit aller Kraft gegen den Widerstand aktiv beugen. Die dazu benötigte Kraft konnte dann ebenfalls von der Wage abgelesen werden. Daß ich die aktive und passive Kraft bestimmt habe, geschah aus ganz bestimmten Gründen.

Trotzdem das Ergebnis von Bethe [1]), wonach die passive Krafte durchschnittlich um 20 bis 30 % größer ist als die aktive Kraft, von Hansen, Hvorslew und Lindhard [2]) wiederlegt wurde, schien es mir im Zusammenhang mit meinen Versuchen über statische Haltearbeit richtiger, zum mindesten die passive Kraft zu messen. Und tatsächlich fand ich auch die passive Kraft etwas größer als die aktive. So betrug bei dem Knaben vor der Übung die aktive Kraft 10,5 kg, die passive Kraft 11 kg. Das wäre allerdings nur ein Unterschied von 5 %. Die Kraftmessungen am linken Arm wurden im Verlaufe der Versuchsperiode alle 8 Tage einmal durchgeführt.

Untenstehende Tabelle mag die Ergebnisse der Messungen zeigen.

Tabelle 7

Woche	aktive Kraft	passive Kraft	mittlere Haltezeit
vor Beginn des Trainings	10,5 kg	11,0 kg	1,5 Sek.
1.	12,0 „	12,5 „	2,21 „
2.	12,5 „	13,0 „	2,56 „
3.	13,5 „	14,0 „	3,59 „
4.	15,0 „	15,5 „	5,12 „

Die in der Tabelle 7 mit angeführten mittleren Haltezeiten eines Messungstages dienen zum Vergleich und sollen anschaulich machen, wie im Verlaufe der Halteübungen Muskelkraft und Haltezeiten in gleicher Art zunehmen.

Wie aus der Tabelle zu ersehen ist, wird durch vierwöchige statische Halteübungen die Muskelkraft um etwa 50 % gesteigert.

Dabei ist zu bemerken, daß nicht nur die „passive Kraft", also Haltekraft eine Steigerung erfährt, sondern auch die aktive Kraft und zwar in dem gleichen Verhältnis wie die erstere. Die Kraftsteigerung von Woche zu Woche ist, wie zu ersehen ist, nicht immer gleich groß. Nach der ersten und vierten Woche haben wir z. B. eine Steigerung von 1,5 kg pro Woche, wogegen nach der zweiten eine solche von 0,5 kg und in der dritten von 1,0 kg zu verzeichnen ist. Sie liegt aber für die aktive und passive Kraft

[1]) A. Bethe. Ergebnisse der Physiologie, Bd. 24, S. 71, 1925.
[2]) E. Hansen, C. M. Hvorslew und J. Lindhard, Skand. Archiv für Physiol. Bd. 54, S. 99, 1928.

annähernd in derselben Höhe. Es konnte weiterhin beobachtet werden, daß die an einem bestimmten Tage gefundene Kraft der Haltezeit an eben diesem Tage entspricht. Zum Beispiel haben wir nach der zweiten Woche bei der kleinsten Gewichtssteigerung zugleich auch die kleinste Haltezeitsteigerung. Dabei dürfte angenommen werden, daß die Kraftsteigerung durch Training im Halten nicht so groß ist, wie bei dem sonst üblichen mit Bewegungen einhergehendem Training.

Denn es ist bekannt, daß die Blutversorgung des statisch verkürzten Muskels schlechter [1]) ist, als diejenige des dynamisch arbeitenden.

Während der ganzen Beobachtungsdauer war die passive Kraft der Beugemuskulatur des linken Armes immer um 5 bis 7 % größer als die aktive Kraft derselben.

Nachdem einwandfrei festgestellt war, daß ein in statischer Haltearbeit bestehendes Training die Muskulatur kräftigt, schien es interessant festzustellen, ob durch das gleiche Training auch die „Muskelresistenz" vergrößert wird. Zu ihrer Prüfung bediente ich mich des Gildemeister'schen [2]) Elastometers. Mit ihm wurde im Verlaufe der Halteübungen, die ich mit dem 13jährigen Jungen anstellte, alle 8 Tage die Resistenz des linken Biceps bei rechtwinklig gebeugtem Unterarm geprüft und zwar einmal ohne Belastung, das andere Mal mit Belastung der Hand. In Tabelle 8 sind die Messungsergebnisse der ersten und der letzten Messung die in einem Zeitraum von 21 Tagen gemacht wurden, einander gegenüber gestellt.

Tabelle 8

Ausschläge des Ampèremeters.

Belastung	am ersten Messungstag	am letzten Messungstag
0 kg	20,5 Teilstriche	20,5 Teilstriche
2,5 „	14,0 „	14,0 „
5,0 „	10,0 „	10,0 „
5,5 „	9,5 „	9,5 „
7,5 „	8,0 „	8,0 „

Die dazwischen liegenden Messungen führte ich deshalb nicht mit an, weil sie fast die gleichen Ergebnisse aufweisen.

Somit konnte eine Erhöhung der Muskelresistenz durch systematisches, in statischer Haltearbeit bestehendes Training nicht nachgewiesen werden. Die Resistenzsteigerung durch die Belastung entspricht durchaus den Ergebnissen Springers [3]), sodaß dazu nichts weiter zu bemerken ist.

Ebensowenig war eine Volumenzunahme des statisch arbeitenden Muskels festzustellen. Um eine eventuelle Dickenzunahme des Muskels zu erkennen, hatte ich sowohl vor Be-

---

[1]) P. Dolgin und G. Lehmann. Arbph. Bd. 2, S. 248, 1930. M. E. Marschak. Arbph. Bd. 4, S. 1, 1931.

[2]) M. Gildemeister. Zeitschr. f. Biologie, Bd. 63, S. 175, 1914 und R. Springer. Zeitschr. f. Biologie, Bd. 63, S. 201, 1914.

[3]) R. Springer. Zeitschr. f. Biologie, Bd. 63, S. 201, 1914.

ginn der Übungen sowie nach deren Abschluß den Umfang des linken Oberarmes mittels eines Zentimetermaßes 10 cm proximal von der Ellenbeuge über den Bauch des Biceps bei rechtwinklig gebeugtem Unterarm gemessen, wobei immer 21 cm gefunden wurden.

Dem gleichen Zweck dienten die Armprofile, die ich mit Hilfe eines Bleibandes vor Beginn und nach Abschluß der Halteübungen anfertigte. Der Bleistreifen wurde bei rechtwinklig gebeugtem Unterarm über den Bauch des maximal kontrahierten Biceps gelegt und fest angedrückt. Nach Abnahme desselben wurde seine Form auf einem Blatt weißen Papiers durch Nachzeichnen fixiert. Auch hierbei erhielt ich vor wie nach dem Training genau das gleiche Profil des Muskels.

Die Arbeit von Müller [1]) über die Übung bei statischer Arbeit ist erschienen, nachdem meine eigene Untersuchung schon vollkommen abgeschlossen war. Sie konnte deshalb nicht berücksichtigt werden. Übrigens befaßt sich dieselbe mit Problemen, die meine Fragestellung kaum berühren.

Zeichen von „Anstrengung" während des Haltens.

Bei den oben mitgeteilten Untersuchungen wurde nebenher festgestellt, daß das ruhige Halten nicht nur subjektiv als anstrengend empfunden wird, sondern es lassen sich auch zahlreiche objektive Symptome dafür beobachten. Die Versuchsperson bekam gegen Ende der maximalen Haltezeit einen roten Kopf mit roten Ohren. Die Lippen wurden zusammengekniffen. Das Sprechen war sichtlich erschwert und die Worte klangen gepreßt.

Der aufgetriebene Hals ließ eine deutliche Venenüberfüllung erkennen. In einigen Fällen wurde auch über leichtes Ohrensausen geklagt.

Dahin gehört auch eine Erscheinung, die bald nach Beginn der Versuche eintrat, und sich bis zum Ende erstreckte. Ich meine ein Zucken in den verschiedensten Muskelgruppen des ganzen Körpers. Besonders deutlich waren die aus ruckartigen, krampfhaften Bewegungen bestehenden Zuckungen der Mundwinkel, die auf Mitinnervation der verschiedensten Muskelgruppen, infolge der starken Anstrengung zurückzuführen sind. An den Zehen sind abwechselnd Streckungen und Beugungen zu erkennen, die besonders dann häufig und stark auftraten, wenn die Füße während des Versuches nicht unterlegt waren.

Psychische Einflüsse auf die Haltezeit.

Bei den einzelnen Halteübungen konnte ich die Feststellung machen, daß das Gewicht um einige Sekunden länger gehalten werden konnte, wenn ich die Versuchsperson kategorisch zum

[1]) E. A. Müller. Arbeitsphysiologie, Bd. 11, S. 43, 1940.

Weiterhalten aufforderte; das hatte auch dann Erfolg, wenn sie schon im Begriffe war, die Belastung fallen zu lassen. Eine geringe Verlängerung der Haltezeit trat auch ein, wenn ich der Versuchsperson während des Haltens die Stoppuhr zum Zeitstoppen übergab. Ihre Aufmerksamkeit war dabei, gerade am Ende des Haltens hauptsächlich auf die Uhr gerichtet. Dabei spielte dann der Ehrgeiz der Versuchsperson eine große Rolle, und bewirkte eine etwas längere Haltezeit.

Im Bestreben, die schon erreichten und ihr auch bekannten Haltezeiten des Tages noch zu verbessern, kontrollierte sie an Hand der Stoppuhr, ob ihr das schon gelungen ist, oder ob sie noch weiter halten müsse, wozu sie sich, wenn es notwendig war, dann mit aller Energie zwang. Ferner konnte ich beobachten, daß eine die Versuchsperson interessierende Unterhaltung zweier Personen ihr das Halten des Gewichtes erleichterte und die Haltezeit dadurch verlängert wurde. Auf Grund dieser Tatsachen muß gesagt werden, daß die Haltezeit durch Zureden, durch persönlichen Ehrgeiz und durch Ablenkung (also rein psychische Einflüsse) verlängert werden kann.

Derartige Verbesserungen körperlicher Leistungen durch Eingreifen der Psyche sind allgemein bekannt, ich erinnere nur an die Verbesserung der Marschleistung durch gute Musik.

Zusammenfassung der Versuchsergebnisse.

1. Die maximale Haltezeit und damit auch die maximale Haltearbeit ließ sich durch ein im Halten bestehendes Training innerhalb weniger Wochen erheblich vergrößern, (auf mindestens das 2 ½-fache in der fünften Woche des Übens).
2. Während des Haltens trat sowohl im trainierten, wie auch im nichttrainierten Zustand ein allmähliches Sinken auf, bis in einem bestimmten Zeitpunkt der Arm kraftlos herabfiel.
3. Die an sich schon labile Atemfrequenz zeigte keine einheitlichen Änderungen während des statischen Haltens. Dementsprechend war auch kein Einfluß des Trainings feststellbar.
4. Die Pulsfrequenz stieg sofort nach Beginn des Haltens an und erreichte bei einer längeren Haltezeit beträchtliche Werte. Im Laufe des Haltens wurde die Pulszunahme immer kleiner. Auch die Erholung setzte sofort nach der Unterbrechung des Versuches ein.
5. Durch Training wurde der Puls in der Weise beeinflußt, daß seine Frequenz bei gleicher Haltearbeit kleiner wurde.
6. Entsprechend der Zunahme der Herzschlagfrequenz stieg auch der Blutdruck im Laufe des Haltens.
7. Nach dem Training war meist eine merkliche Änderung in der Richtung eingetreten, daß der Blutdruck bei gleicher Haltearbeit niedriger war.
8. Die Muskelkraft wurde durch das in statischem Halten bestehende Training in 5 Wochen um etwa 50 % vergrößert. Dabei zeigte sich die passive Kraft der aktiven immer um einen kleinen Betrag überlegen.
9. Weder der Umriß des Biceps, bzw. der Armumfang, noch die Resistenz der Beugemuskulatur zeigten nach dem Training eine Vergrößerung.

Zum Schlusse spreche ich Herrn Professor Dr. Adolf Basler meinen verbindlichsten Dank aus für die Überlassung des Themas und für die große Freundlichkeit, mit der er mir bei Ausführung der Arbeit jederzeit mit Rat und Tat zur Seite stand.

Lebenslauf.

Am 23. 1. 1914 wurde ich als Sohn des volksdeutschen Bauern Anton Bernhardt und dessen Ehefrau Anna, geb. Maus in Deutsch-St. Nikolaus, Banat, Rumänien, geboren und besuchte die Volksschule meines Heimatortes.

Nach siebenjähriger Gymnasialzeit an dem deutschen Gymnasium zu Schäßburg, Siebenbürgen, erhielt ich 1932 das Zeugnis der Reife. Anschließend war ich zwei Jahre als Praktikant in einer Apotheke tätig.

Mein medizinisches Studium begann ich im Oktober 1934 an der Innsbrucker Universität. Im November 1935 setzte ich mein Studium an der Universität in Breslau fort und beendete es hier nach zehn Studiensemestern, mit dem medizinischen Staatsexamen am 27. September 1939.

Meine Bestallung als Arzt für das Gebiet des deutschen Reiches erhielt ich am 12. Oktober 1939. Seit 30. November 1939 bin ich als Kriegsfreiwilliger bei der SS-VT. eingezogen.

Ich bin arischer und deutscher Abstammung.